377-383

6821(6)

动 物 学 研 究 1996, 17 (4): 377—383 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

# 鲤鱼精子超微结构的研究

尤永隆 林丹军
(福建师范大学生物工程学院 福州 350007)



A

**摘要** 鲤鱼精子由头部、中片和尾部组成。头部的细胞核卵形，染色质致密。核中有些小空隙。空隙中有电子致密物质存在。中片紧连在核的后端。中片由中心粒复合体和袖套组成。中心粒复合体位于核后植入窝中。袖套一侧肥厚，一侧狭窄。袖套中有线粒体和囊泡。囊泡有二类：一类含有电子致密物质；另一类无电子致密物质。近袖套内膜处的细胞质中还存在着与内膜平行的膜。精子尾部从袖套腔中伸出。尾部的轴丝与基体相接。尾部的近核端有许多囊泡包围着轴丝。尾部的远核端则无此结构。

**关键词** 超微结构，精子，鲤鱼

硬骨鱼精子的超微结构已有较为广泛的研究（详见 Billard, 1986）。但是，硬骨鱼种类繁多，不同种类硬骨鱼的精子结构差异较大（Deurs 等，1973；Grier, 1973；Afzelius, 1978；Gardiner, 1978；Poirier 等，1982；张旭晨等，1992；张耀光等，1993）。在鲤科鱼中，金鱼精子的超微结构已有较深入的研究（严绍颐等，1983；管汀鹭，1988, 1990；管汀鹭等，1990）。鲤鱼精子的超微结构未见有详细的报道（林光华，1987）。本文对鲤鱼 *Cyprinus carpio*（Linnaeus）精子的超微结构作较为细致的观察。

## 1 材料和方法

在生殖季节，先后从 5 尾成熟的野生鲤鱼的泄殖孔挤出乳白色精液，与三倍体积的 2.5%戊二醛（pH7.4）混合，经两层尼龙滤布过滤，滤液为精子悬液。

精子悬液以 3500 r/min 离心 5 min，弃去上清液，沉淀包埋于甘油明胶中。包埋块再置 2.5%戊二醛中，4℃ 过夜。1%锇酸后固定，系列乙醇脱水，Epon 812 包埋。超薄切片经醋酸双氧铀和柠檬酸铅染色。JEOL，JEM-1200EX 型透射电镜观察。

少量的精子悬液作涂片，苏木精染色，在 OLYMPUS，BH-2 型显微镜下测量精子。精子的某些局部结构则在电镜下测量。

## 2 结果

鲤鱼精子的结构可以分为头部、中片（mid-piece）和尾部（鞭毛）3 部分。头部近似卵形，中片较短，尾部细长，分为近核端（proximal end）和远核端（distal end）两部分。精子及其各部分测量结果见表 1。

本文 1995 年 7 月 31 日收到，同年 12 月 7 日修回

表1 精子及其各部分长度

Tab.1 The length of the spermatazoon and its component parts

| 组成部分 | 长度(μm) 均数±标准差 | 备注 |
|---|---|---|
| 1. 精子全长 | 34.85±1.39 | 光镜测量 |
| 2. 头　部 | 1.80±0.16 | 电镜测量 |
| 3. 中　片 | 0.73±0.15 | 电镜测量(实为袖套的长度) |
| 4 尾部(鞭毛) | 30.85 | 近核端与远核端长度均数之和 |
| a. 近核端 | 2.41±0.42 | 电镜测量 |
| b. 远核端 | 28.44±1.09 | 光镜测量 |

## 2.1 头部

头部的主要结构是细胞核，细胞质极少。精子质膜和核膜相贴甚紧。细胞核卵形，染色质致密，其中可见空隙。有的空隙中可以见到电子致密物质存在。细胞核的前端无顶体。细胞核的后端有一较浅的植入窝（implantation fossa）。在植入窝的周围可见多余的核膜（图1—2；图版I：1—3，5a，5b）。

## 2.2 中片

中片较短，由中心粒复合体（centriolar complex）和袖套（sleeve）构成。中心粒复合体位于植入窝中，袖套接于核的后端。中心粒复合体偏于核的一侧（图版I：1，4）。中心粒复合体包括近端中心粒（proximal centriole）和基体（basal body）两部分。近端中心粒的长轴与核的长轴约成90°夹角。基体的长轴与核的长轴平行。近端中心粒和基体排成“L”字形（图2；图版I：2，5b）。

袖套呈筒状，连于核的后端。中央的空腔称为袖套腔（central space of the sleeve）。袖套一侧肥厚，其对侧狭窄（图3；图版I：1，5a，7）。肥厚的一侧含有多个线粒体（横切面上约见4—5个，纵切面上约见3—4个）和数个囊泡。狭窄的一侧线粒体较少（横切面与纵切面皆约见1—3个）（图1—3；图版I：1，2，5—7）。

位于袖套中的囊泡有两类。一类囊泡中含有电子致密物质。这些电子致密物质呈棒状或小泡状。另一类囊泡中不具电子致密物质（图1，3；图版I：5a，7）。

位于袖套的细胞质膜因其所处的位置不同分为袖套内膜（inner membrane of the sleeve）和袖套外膜（outer membrane of the sleeve）。袖套内膜位于袖套的内侧，包围袖套腔。袖套外膜位于袖套的外侧（图1—2；图版I：1，2，5—7，10）。袖套内膜附近的细胞质中有一层或二层膜存在。该膜比袖套内膜薄，与袖套内膜平行。在袖套的横切面上，该膜与袖套内膜呈同心圆状。近袖套外膜处的袖套细胞质中无这层膜存在（图1—3；图版I：1，5，6—7，10）。此外，袖套中还有多余的核膜存在。

## 2.3 尾部

鲤鱼精子尾部（鞭毛）细长。其起始部分位于袖套腔中，绝大部分伸出袖套之外。尾部的近核端部分很短，远核端部分较长（表1）。

尾部的中心部分是轴丝。轴丝接于基体之后。近核端部分的轴丝外方有许多囊泡。囊泡形状大小不一。囊泡之中无明显可见的电子致密物质（图1—4；图版I：1，2，5—8，10）。远核端部分除了轴丝之外，无其它明显可见的结构存在（图版I：9，12，13）。在

尾部的末端，轴丝的外周二联微管（doublet）有的只呈单条微管存在（图版 I：13)。

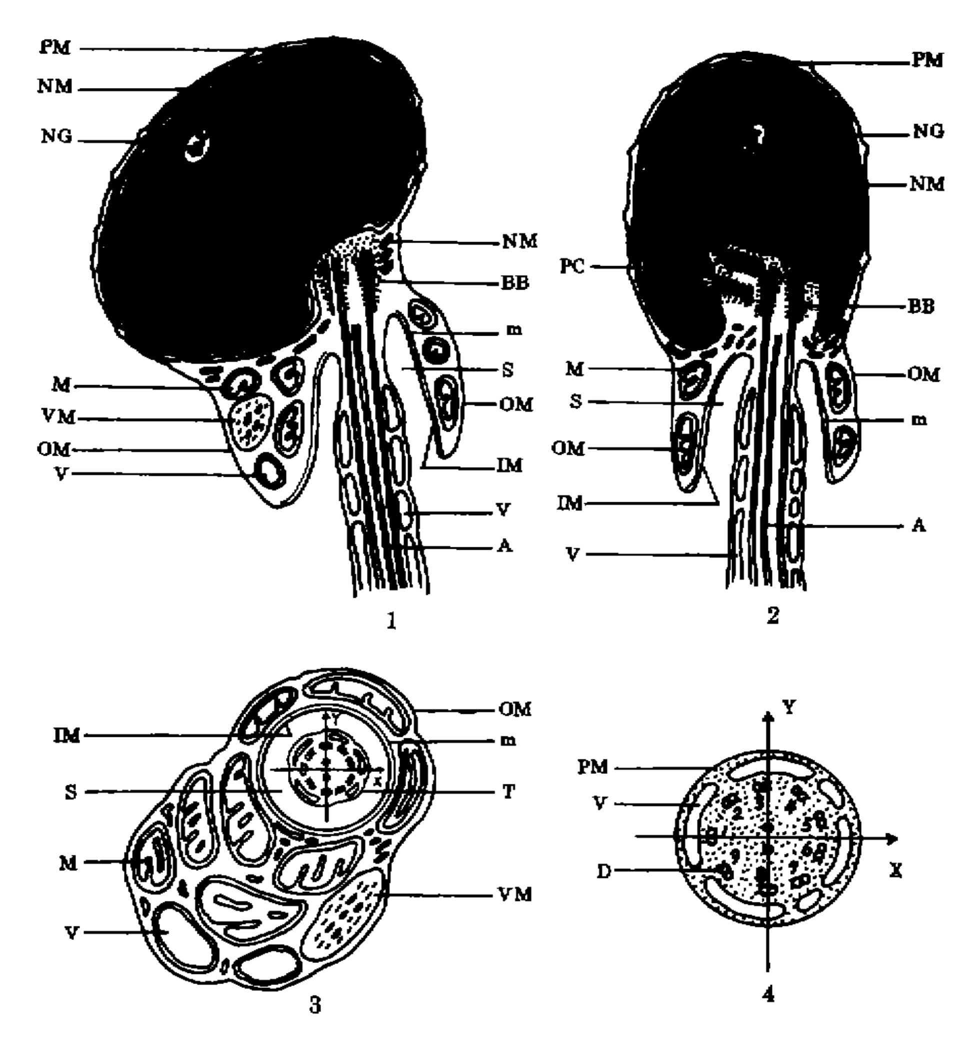



图 1—4 鲤鱼精子超微结构模式图

Figs. 1—4 The diagram of the *Cyprinus carpio* (Linnaeus) spermatozoon

1）精子纵切，示袖套呈不对称状（longitudinal section of the sperm, showing the asymmetry of the sleeve)；2）精子纵切，示袖套呈对称状（longitudinal section of the sperm, showing the symmetry of the sleeve)；3）精子中片的袖套横切（cross section of the sleeve of the mid-piece)；4）尾部的近核端横切（cross section of the proximal end of the tail)。A. 轴丝（axoneme)；BB. 基体（basal body)；D. 轴丝的外周二联微管（doublet of the axoneme)，每1组二联微管旁的数字为该二联微管的编号（the digit beside each doublet represents the number of the doublet)；IM.袖套内膜（inner membrane of the sleeve)；M.线粒体（mitochondrion)；m.与袖套内膜平行的膜（the membrane parallel to the inner membrane of the sleeve)；NG.细胞核中的空隙（gap within the nucleus)；NM.核膜（nuclear membrane)；OM.袖套外膜（outer membrane of the sleeve)；PM 精子细胞质膜（plasma membrane of the sperm)；PC. 近端中心粒（proximal centriole)；S.袖套腔（central space of the sleeve)；T.尾部近核端的横切（cross section of the proximal end of the tail)；V.囊泡（vesicle)；VM.含有电子致密物质的囊泡（vesicle containing electron-dense materials)。

## 3 讨论

硬骨鱼种类繁多，精子结构多种多样。体内受精的鱼类其精子结构较为复杂（Billard，1986；Deurs，1973；Gardiner，1978），而体外受精的鱼类，精子结构则较为简单。鲤鱼精子属于后者。

### 3.1 细胞核

鲤鱼精子浓缩了的细胞核中可见空隙。其它鱼类精子和哺乳类精子的细胞核中也有此结构（Poirier等，1982；严绍颐等，1983；Fawcett等，1965）。这种结构往往被称为核泡（nuclear vacuole）。实际上精子细胞核中的这种结构并非是泡，因为其周围没有膜存在。只是浓缩了的染色质中的空隙。在空隙中还可见到电子致密物质（图版I：3）。从其形状看，这种电子致密物质与浓缩的染色质差异较大。核空隙中的颗粒较粗大，较为致密。而染色质浓缩后呈较均匀的细小颗粒状（图版I：3）。细胞核空隙中的这种电子致密物质是否为染色质浓缩而成，尚待进一步研究。

同属鲤科的金鱼精子核膜和质膜之间存在着许多液泡（管汀鹭，1990）。鲤鱼精子的核膜和质膜之间没有此结构。精子质膜和核膜相贴甚紧（图版I：1，3，4）。

### 3.2 中心粒复合体

鲤鱼精子的植入窝偏于核的一侧，所以中心粒复合体也偏于核的一侧，不在细胞核的主轴上（图版I：1）。近端中心粒和基体不呈常见的“T”字形排列，而是呈“L”字形。在纵切基体的切面上，可能见到近端中心粒（图版I：2，5 b），也可能见不到近端中心粒（图版I：1）。

### 3.3 袖套

鲤鱼精子的袖套呈筒状、厚度不均。在袖套的横切面上，若让轴丝的二个中央微管的连线落在座标轴的Y轴上，连线的中点为原点（尤永隆等，1992，1993），那么无论以X轴还是以Y轴为对称轴，袖套都呈不对称图形。但是若以轴丝的第4组和第9组外周二联微管的连线为对称轴，则袖套呈两侧对称（图3，4；图版I：7）。正由于袖套的这种结构，所以在精子的纵切面上，既能见到呈不对称形状的袖套（图1；图版I：1，5a，8），又能见到呈对称形状的袖套（图2；图版I：2，5b）。

鲤鱼精子袖套之中除了线粒体之外还有囊泡。囊泡有两种类型，形态结构明显不同。它们是否为精子细胞的同一结构变化而成，尚不能肯定。其中一种类型的囊泡之中无电子致密物质。其形态近似于金鱼精子中片的液泡。据认为金鱼精子中片的液泡与头部的核膜质膜之间的液泡一样皆从精子细胞的高尔基体变化而来（管汀鹭等，1990）。

鲤鱼精子近袖套内膜的袖套细胞质中存在着与袖套内膜平行的膜。该膜比细胞质膜薄。在其它鱼类精子未见有此结构存在的报道。细胞质膜和细胞内的所有膜系统的膜一样，同为生物膜（biological membrane），主要由脂质双层（lipid bilayer）和蛋白质分子构成。脂质双层的厚度为5 nm（Alberts等，1989）。而这种与袖套内膜平行的膜明显地比生物膜薄（图版I：5b，10）。它的分子组成是否亦为脂质双层加蛋白质，尚待进一步研究。

### 3.4 尾部

鲤鱼精子尾部的近核端部分的轴丝外周有许多囊泡。这些囊泡与金鱼精子尾部的液泡

结构相似（管汀鹭，1988）。除了囊泡，轴丝之外再无其它明显可见的结构，也不存在许多硬骨鱼精子尾部都有的侧鳍（lateral fin）。在尾部的末端，轴丝呈解体状（图版 I：13）。

## 图 版 说 明

1. 鲤鱼精子纵切。袖套的纵切面呈不对称状。近袖套内膜处的细胞质中有一层膜（单箭号）与袖套内膜平行。尾部近核端具囊泡（V），近核端的下半段切面靠近精子质膜。A：轴丝；BB：基体；M：线粒体；N：细胞核；OM：袖套外膜；S：袖套腔；双箭号示袖套内膜。[Longitudinal section of the sperm of *Cyprinus carpio* (Linnaeus) The longitudinal section of the sleeve is asymmetrical. Within the cytoplasm of the sleeve, there is a membrane (single arrow) which is near the inner membrane of the sleeve and is parallel to it There are many vesicles (V) at the proximal end of the tail. At the second half of the proximal end of the tail, the longitudinal section is near the surface of the tail. A axoneme; BB basal body; M:mitochondrion; N:nucleus, OM:outer membrane of the sleeve; S:central space of the sleeve. Double arrow indicates the inner membrane of the sleeve.] × 25 000
2. 精子纵切，示近端中心粒（PC，纵切）和基体（BB，纵切）的位置。袖套的纵切面呈对称状。M：线粒体；N：细胞核；OM：袖套外膜；S：袖套腔；V：袖套中的囊泡；双箭号示袖套内膜。[Longitudinal section of the sperm, showing the location of the proximal centriole (PC, longitudinal section) and basal body (BB,longitudinal section). The longitudial section of the sleeve is symmetrical M mitochondrion, N:nucleus; OM:outer membrane of the sleeve; S:central space of the sleeve, V:vesicles in the sleeve. Double arrow indicates the inner membrane of the sleeve.] × 25 000
3. 精子细胞核，示细胞核中的空隙（NG）。空隙中有电子致密物质。[The nucleus of the sperm, showing the gap (NG) within the nucleus There are electron dense materials in the gap.] × 25 000
4. 精子头部横切，示近端中心粒（PC，纵切）和基体（BB，横切）。NG：核中的空隙。[Cross section of the head of the sperm, showing the proximal centriole (PC, longitudinal section) and basal body (BB, cross section). NG gap within the uncleus.] × 25 000

5a. 袖套纵切，纵切面呈不对称状。袖套中的囊泡（VM）含有电子致密物质。A：轴丝；OM：袖套外膜；双箭号示袖套内膜；单箭号示与袖套内膜平行的膜。[Longitudinal section of the sleeve, showing the asymmetry of the sleeve. The vesicle (VM) within the sleeve contains electron-dense materials. A:axoneme; OM:outer membrane of the sleeve. Double arrow indicates the inner membrane of the sleeve. Single arrow indicates the membrane parallel to the inner membrane of the sleeve ] × 25 000

5b. 袖套纵切，纵切面呈对称状。A：轴丝；BB：基体；OM：袖套外膜；PC：近端中心粒；S：袖套腔；V：袖套中的囊泡，其中无电子致密物质。双箭号示袖套内膜；单箭号示与袖套内膜平行的膜。[Longitudinal section of the sleeve, showing the symmetry of the sleeve. A:axoneme; BB:basal body; OM:outer membrane of the sleeve, PC:proximal centriole; S central space of the sleeve; V:vesicle within the sleeve. Double arrow indicates the inner membrane of the sleeve Single arrow indicates the membrane parallel to the inner membrane of the sleeve ] × 28 000

6. 细胞核和袖套的横切。M：线粒体，N：细胞核；OM：袖套外膜；S：袖套腔；双箭号示袖套内膜；单箭号示与袖套内膜平行的膜。尾部轴丝的外周二联微管的编号参阅模式图 4，下同。[Cross section through the nucleus and the sleeve. M:mitochondrion; N:nucleus; OM:outer membrane of the sleeve; S:central space of the sleeve. Double arrow indicates the inner membrane of the sleeve Single arrow indicates the membrane parallel to the inner membrane of the sleeve. Refer to the diagram 4 for the number of the doublets of the axoneme in this figure and the other figures of Plate I.] × 25 000
7. 袖套横切，示线粒体（M），含有电子致密物质的囊泡（VM）和无电子致密物质的囊泡（V）。OM：袖套外膜；S：袖套腔；双箭号示袖套内膜；单箭号示与袖套内膜平行的膜。[Cross section of the sleeve, showing mitochondrion(M), vesicle containing electron-dense materials (VM) and vesicle without electron-dense materi-

als (V). OM:outer membrane of the sleeve; S:central space of the sleeve. Double arrow indicates the inner membrane of the sleeve. Single arrow indicates the membrane parallel to the inner membrane of the sleeve.] × 25 000

8. 尾部的近核端纵切，示轴丝（A）外方的囊泡（V）。[Longitudinal section of the proximal end of the tail, showing the vesicles (V) outside the axoneme (A).] × 25 000

9. 尾部的远核端纵切。A：轴丝。[Longitudinal section of the distal end of the tail. A:axoneme] × 25 000

10. 位于袖套腔中的尾部近核端横切，示平行于袖套内膜（双箭号）的膜（单箭号）和尾部轴丝外方的囊泡（V）。M：线粒体；OM：袖套外膜；S：袖套腔。[Cross section of the proximal end of the tail within the central space of the sleeve, showing the membrane (single arrow) parallel to the inner membrane of the sleeve (double arrow) and vesicles (V) outside the axoneme of the tail. M mitochondrion; OM:outer membrane of the sleeve; S central space of the sleeve.] × 40 000

11. 伸出袖套之外的尾部近核端横切，示轴丝外方的囊泡（V）。[Cross section of the proximal end of the tail stretchig out of the sleeve, showing the vesicles (V) outside the axoneme.] × 40 000

12. 尾部的远核端横切。[Cross section of the distal end of the tail.] × 40 000

13. 尾部的远核端横切，示轴丝的解体。[Cross section of the distal end of the tail, showing the disintegration of the axoneme.] × 40 000

## 参 考 文 献


尤永隆，高小莹，1992. 奶牛精子尾部主段外周致密纤维的电子显微镜观察. 实验生物学报，**25**（4）：329—337.

尤永隆，赵翔，1993. 黄毛鼠精子尾部主段超微结构. 动物学报，**39**（4）：355—361

严绍颐，管汀鹭，黄国屏，1983. 金鱼精子发生的电镜观察. 辽宁动物学会会刊，**4**（1）：1—6

张旭晨，王所安，1992. 细鳞鱼精巢超微结构和精子发生. 动物学报，**38**（4）：355—358.

张耀光，罗泉笙，钟明超，1993. 长吻鮠精巢及精子结构的研究 水生生物学报，**17**（3）246—251.

林光华，1987. 精子发生. 见：丁汉波. 发育生物学. 北京：高等教育出版社. 39—65

管汀鹭，1988 金鱼精子鞭毛发生的特点. 动物学报，**34**（2）：189—190.

管汀鹭，1990. 金鱼精子头部的液泡结构. 科学通报，9：719—720.

管汀鹭，黄丹青，黄国屏，1990. 金鱼精巢的细胞构造与精子的发生和形成. 水生生物学报，**14**（3）：233—237.

Afzelius B A, 1978. Fine structure of the garfish spermatozoon *J. Ultrastruct. Res.*, **64**: 309-314.

Alberts B, Bray D, Lewis J *et al*, 1989. The plasma membrane. In: Molecular biology of the cell. New York: Garland Publishing Inc. 275-340

Billard R, 1986. Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. *Reprod. Nutr Develop.*, **26**(4): 877-920.

Deurs B V, Lastein U, 1973. Ultrastructure of the spermatozoa of the teleost *Pantodon buchholzi* Peters, with particular reference to the midpiece. *J. Ultrastruct. Res.*, **42**: 517-533.

Fawcett D W, Ito S, 1965. The fine structure of bat spermatozoon. *Amer. J. Anat*, **116**: 567-610.

Gardiner D M, 1978. Fine structure of the spermatozoon of the viviparous teleost, *Cymatogaster aggregata*. *J. Fish Biol*, **13**: 435-438.

Grier H J, 1973. Ultrastructure of the testis in the teleost *Poecilia latipinna* *J. Ultrastruct. Res.*, **45**: 82-92.

Poirier G R, Nicholson N, 1982. Fine structure of the testicular spermatozoa from the channel catfish, *Ictalurus punctatus* *J. Ultrastruct. Res.*, **80**: 104-110.

# A STUDY ON THE FINE STRUCTURE OF THE SPERMATOZOON OF TELEOST *Cyprinus carpio* (LINNAEUS)

You Yonglong Lin Danjun

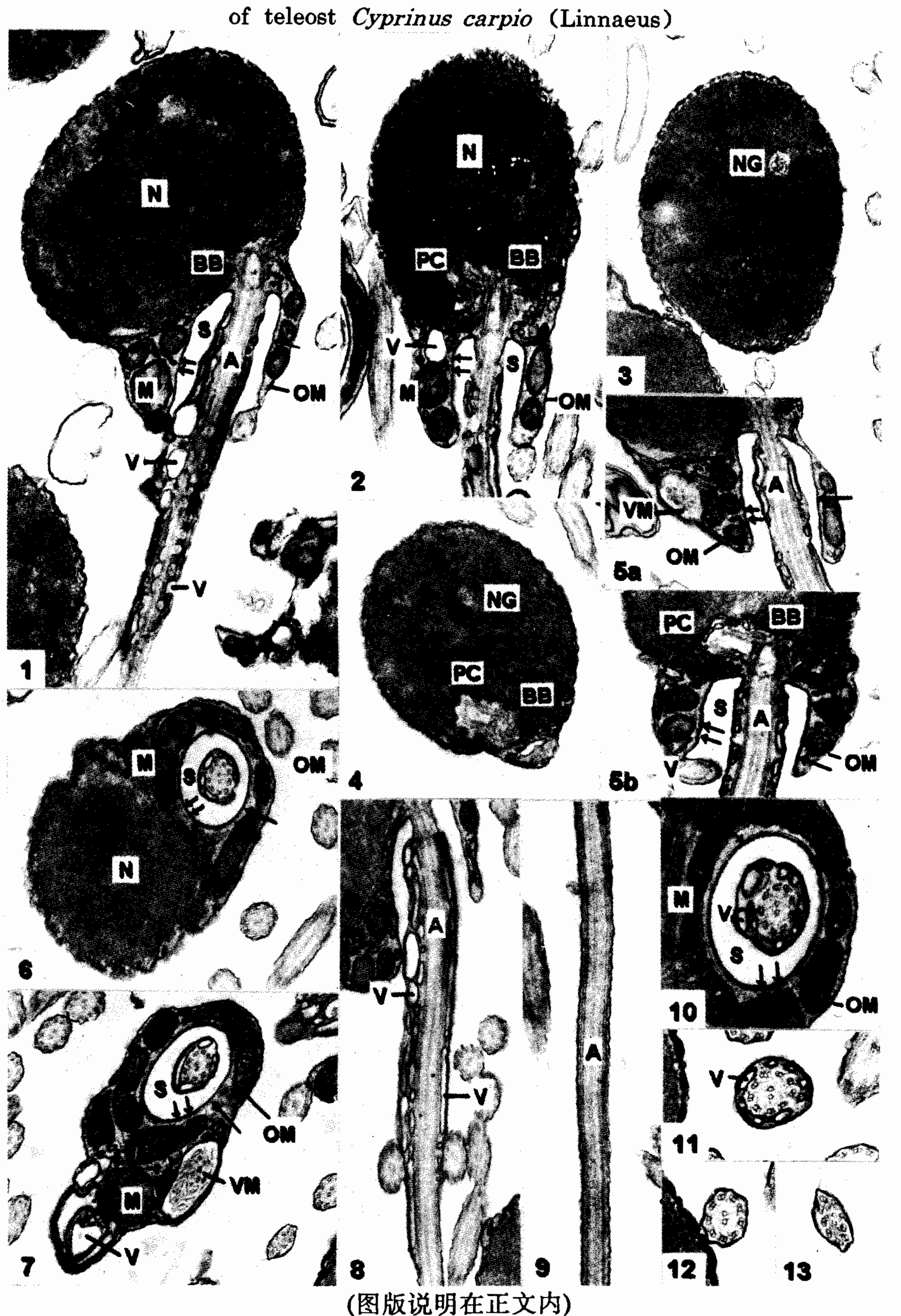
(*Bioengineering College, Fujian Normal University, Fuzhou* 350007)

**Abstract**

The spermatozoon of teleost *Cyprinus carpio* (Linnaeus) consisted of head, mid-piece and tail. The nucleus, within which there were some gaps, of the head was allipse.There were electron-dense materials in the gaps. The mid-piece, consisting of centriolar complex and sleeve, was connected to the posterior of the nucleus. The centriolar complex was in the implantation fossa which was at the posterior end of the nucleus. There were mitochondria and some vesicles in the sleeve. The vesicles were of two types: one contains some electron-dense materials, the other was electron transparent. The membrane which was parallel to the inner membrane of the sleeve could be seen within the cytoplasm of the sleeve. The tail was thin and long. It was connected with basal body and stretches out of the sleeve. At the proximal end of the tail there were many vesicles outside the axoneme. The vesicles were electron transparent. The distal end of the tail, however, did not contain any vesicles.

**Key words** Fine structure, Spermatozoon, *Cyprinus carpio* (Linnaeus)

You Yonglong *et al.*: A study on the fine structure of the spermatozoon of teleost *Cyprinus carpio* (Linnaeus)




(图版说明在正文内)